

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт – Физико-технический

Направление – Ядерные физика и технологии

Кафедра – Электроника и автоматика физических установок

Специальность – Электроника и автоматика физических установок

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
РАЗРАБОТКА ПОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

УДК 004.415:004.67:620.22.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Шумаев Д.М.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обходский А.В.	канд. техн. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	канд. филос. наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акимов Д.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭАФУ	Горюнов А.Г.	д-р техн. наук, доцент		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, а также культурных ценностей; понимать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности, защите интересов личности, общества и государства; быть готовым к анализу социально-значимых процессов и явлений, применять основные положения и методы гуманитарных, социальных и экономических наук при организации работы в организации, к осуществлению воспитательной и образовательной деятельности в сфере публичной и частной жизни.
Р2	Обладать способностями: действовать в соответствии с Конституцией РФ, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма, правилами и положениями, установленные законами и другими нормативными правовыми актами; к логическому мышлению, обобщению, анализу, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения; понимать основы национальной и военной безопасности РФ; работать в многонациональном коллективе; формировать цели команды, применять методы конструктивного разрешения конфликтных ситуаций; использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ.

P3	Самостоятельно, методически правильно применять методы самостоятельного физического воспитания для повышения адаптационных резервов организма и укрепления здоровья, готовностью к достижению и поддержанию должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P4	Свободно владеть литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, навыками публичной и научной речи. Уметь создавать и редактировать тексты профессионального назначения, владеть одним из иностранных языков как средством делового общения.
P5	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; быть готовым к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, принимать решения в нестандартных условиях обстановки и организовывать его выполнение, самостоятельно действовать в пределах предоставленных прав; самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций.
P6	Применять основные законы естественнонаучных дисциплин, математический аппарат, вычислительную технику, современные методы исследований процессов и объектов для формализации, анализа и выработки решения профессиональных задач.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Уметь самостоятельно повышать уровень знаний в области

	<p>профессиональной деятельности, приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт, методы научно-исследовательской и практической деятельности, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях; оценивать перспективы развития АСУ и АСНИ физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), использовать современные достижения в научно-исследовательских работах.</p>
P8	<p>Применять знания о процессах в ядерных энергетических и физических установках, и о технологических процессах ядерного топливного цикла используя методы математического моделирования отдельных стадий и всего процесса для разработки АСУ ТП и АСНИ с применением пакетов автоматизированного проектирования и исследований.</p>
P9	<p>Использовать знания о протекающих процессах в ядерных энергетических установках, аппаратах производств ядерного топливного цикла, теории и практики АСУ ТП, при проектировании, настройке, наладке, испытаниях и эксплуатации современного оборудования, информационного, организационного, математического и программного обеспечения, специальных технических средств, сооружений, объектов и их систем; организовать эксплуатацию физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), современного оборудования и приборов с учетом требований руководящих и</p>

	нормативных документов; быть готовым к освоению новых образцов физических установок, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний.
P10	Использовать технические средства и информационные технологии, проводить предварительное технико-экономического обоснования проектных расчетов устройств и узлов приборов и установок, расчет, концептуальную и проектную проработку программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач с учетом неопределенностей объекта управления, разрабатывать способы применения программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, решать инженерно-физические и экономические задачи, применяя знания теории и практики АСУ, включающее математическое, информационное и техническое обеспечения, для проектирования, испытания, внедрения и эксплуатации АСУ ТП и АСНИ.
P11	Понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, соблюдать основные требования безопасности и защиты государственной тайны; выполнять мероприятия по восстановлению работоспособности физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики) при возникновении аварийных ситуаций, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; проводить анализ и оценку обстановки для принятия решения в случае возникновения аварийных ситуаций, экологическую безопасность, нормы и правило производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности.

P12	<p>Разрабатывать проекты нормативных и методических материалов, технических условий, стандартов и технических описаний средств АСУ ТП и АСНИ, регламентирующих работу в сфере профессиональной деятельности; осуществлять разработку технического задания, расчет, проектную проработку современных устройств и узлов приборов, установок (образцов вооружения, программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ), использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов.</p>
P13	<p>Использовать в профессиональной деятельности нормативные правовые акты в области защиты государственной тайны, интеллектуальной собственности, авторского права и в других областях; осуществлять поиск, изучение, обобщение и систематизацию научно-технической информации, нормативных и методических материалов в сфере своей профессиональной деятельности.</p>
P14	<p>Проявлять и активно применять способность к организации и управлению работой коллектива, в том числе: находить и принять управленческие решения в сфере профессиональной деятельности; разрабатывать планы работы коллективов; контролировать соблюдение технологической дисциплины, обслуживания, технического оснащения, размещения технологического оборудования; организовывать учет и сохранность физических установок (вооружения и техники), соблюдение требований безопасности при эксплуатации; использовать основные методы защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.</p>

P15	<p>Демонстрировать способность к осуществлению и анализу научно-исследовательских, технологических и пуско-наладочных работ, разработке планов и программ их проведения, включая ядерно-физические эксперименты, выбору методов и средств решения новых задач с применением современных электронных устройств, представлению результатов исследований и формулированию практических рекомендаций их использования в формах научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных работ; выполнять полный объем работ, связанных с техническим обслуживанием физических установок с учетом требований руководящих и нормативных документов.</p>
-----	---

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Физико-технический
Направление – Ядерные физика и технологии
Кафедра – Электроника и автоматика физических установок
Специальность – Электроника и автоматика физических установок

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭАФУ ФТИ
_____ А.Г. Горюнов
«03» октября 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
0712	Шумаеву Д.М.

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ
--

Утверждена приказом директора ФТИ	от 31.10.2016 № 9286/с
-----------------------------------	------------------------

Дата сдачи студентом выполненной работы	23 января 2017 г.
---	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>Объектом исследования является программный комплекс распределенной обработки данных для компьютерного моделирования материалов.</p> <p>1. Программный комплекс должен удовлетворять следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none">– Кроссплатформенность;– Гетерогенность вычислительных ресурсов;– Масштабируемость вычислительной сети;– Автономность функционирования. <p>2. Клиентское приложение в составе программного комплекса должно быть реализовано в среде разработки Qt Creator.</p> <p>3. Для организации доступа к распределенным</p>
---------------------------------	---

	<p>вычислительным узлам должен применяться сетевой протокол прикладного уровня SSH.</p> <p>4. Для выполнения расчетных заданий на распределенных вычислительных узлах должно применяться специальное программное обеспечение Torque.</p>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>Аналитический обзор существующих решений в области построения распределенных вычислительных сетей обработки данных.</p> <p>Разработка структуры программного комплекса распределенной обработки данных.</p> <p>Разработка структуры клиентского приложения.</p> <p>Разработка обобщенного алгоритма функционирования программного комплекса.</p> <p>Разработка алгоритма функционирования клиентского приложения.</p> <p>Разработка форм графического интерфейса клиентского приложения.</p> <p>Проведение экспериментальных исследований программного комплекса.</p>
Перечень графического материала	<p>Схема структуры программного комплекса.</p> <p>Схема структуры клиентского приложения.</p> <p>Схема алгоритма функционирования клиентского приложения и отдельных модулей в его составе.</p> <p>Чертеж формы графического интерфейса пользователя клиентского приложения.</p> <p>Схема структурная экспериментального стенда для исследования программного комплекса распределенной обработки данных.</p>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент, канд. филос. наук Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	ассистент Акимов Д.В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03 октября 2016 г.
---	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обходский А.В.	канд. тех. наук		03.10.16

Задание принял к исполнению студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Шумаев Д.М.		03.10.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 138 с., 21 рис., 21 табл., 53 источников, 2 прил.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, РЕСУРСОЕМКИЕ
ВЫЧИСЛЕНИЯ, УДАЛЕННЫЙ ДОСТУП, ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС,
МЕНЕДЖЕР РЕСУРСОВ, КЛИЕНТСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

Объектом исследования является программный комплекс распределенной обработки данных для компьютерного моделирования материалов.

Целью работы является повышение быстродействия вычислений в программном пакете моделирования материалов.

В ходе работы был выполнен аналитический обзор программных средств в области организации ресурсоемких вычислений.

В результате разработан программный комплекс распределенной обработки данных, характеристики и функционал которого проверены при проведении экспериментальных исследований. При разработке было использовано собственное решение по реализации программного комплекса. Была выбрана одноранговая архитектура. Для организации взаимодействия вычислительных узлов использован сетевой протокол прикладного уровня SSH.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГН 2.1.6.1338–03 Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

СП 2.2.1.1312–03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

ГОСТ 12.0.003–74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ Р 12.1.019–2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

программный комплекс распределенной обработки данных; ПК
распределенная вычислительная среда; PBC.

вычислительный узел; ВУ.

система распределенной обработки и хранения данных; GRID.

система промежуточного программного обеспечения; СППО.

berkeley open infrastructure for network computing; BOINC.

проект по разработке свободного программного обеспечения; GNU.
lesser general public license LGPL
compute unified device architecture; CUDA.
сетевой протокол прикладного уровня; SSH.
протокол копирования файлов; SCP.
система управления распределёнными вычислениями; PBS.
набор сетевых протоколов передачи данных; TCP/IP.
центральное процессорное устройство; CPU.
графическое процессорное устройство; GPU.
операционная система; ОС.
персональная электронно-вычислительная машина; ПЭВМ.
коэффициент естественной освещённости; КЕО.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	17
1 Аналитический обзор информационных источников	19
1.1 Актуальность работы	19
1.2 Обзор существующих решений в области создания ПО для организации распределенных вычислений	24
1.3 Предлагаемое решение для создания программного комплекса	31
1.4 Выводы по разделу	33
2 Разработка программного комплекса распределенной обработки данных	34
2.1 Формирование требований к программному комплексу	34
2.2 Разработка структуры программного комплекса	37
2.3 Разработка структуры клиентского приложения	49
2.4 Разработка алгоритма функционирования клиентского приложения	54
2.4.1 Алгоритм функционирования модуля работы с пользовательскими задачами	54
2.4.2 Алгоритм функционирования модуля планирования	56
2.4.3 Алгоритм функционирования модуля работы с вычислительными узлами	59
2.4.4 Алгоритм функционирования модуля работы с менеджером ресурсов	64
2.4.5 Обобщенный алгоритм функционирования клиентского приложения	65
2.5 Разработка графического интерфейса клиентского приложения	66
2.6 Программная реализация клиентского приложения	70
2.7 Выводы по разделу	75
3 Экспериментальные исследования программного комплекса распределенной обработки данных	77

3.1	Разработка программы экспериментальных исследований	77
3.2	Разработка методики экспериментальных исследований	78
3.3	Наладка стенда для проведения экспериментальных исследований	82
3.3.1	Установка и настройка OpenSSH-сервера	82
3.3.2	Установка и настройка менеджера ресурсов Torque	85
3.4	Анализ результатов экспериментальных исследований	88
3.5	Выводы по разделу	89
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	91
4.1	Введение	91
4.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	91
4.3	SWOT-анализ	93
4.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	95
4.5	Инициация проекта	97
4.6	План проекта	99
4.7	Бюджет научного исследования	101
4.7.1	Основная заработная плата	101
4.7.2	Расчет дополнительной заработной платы	104
4.7.3	Расчет потребляемой электроэнергии	105
4.7.4	Затраты на спецоборудование	106
4.8	Группировка затрат по статьям	107
4.9	Реестр рисков проекта	109
4.10	Оценка сравнительной эффективности исследования	109
5	Социальная ответственность	113
5.1	Введение	113
5.2	Характеристика вредных и опасных факторов, имеющих место в лаборатории	113
5.3	Общие требования безопасности при работе с ПЭВМ	114

5.4	Организация мероприятий по электробезопасности	115
5.5	Организация мероприятий по пожарной безопасности	116
5.6	Обеспечение норм освещения	117
5.7	Обеспечение норм микроклимата	120
5.8	Мероприятия по борьбе с производственным шумом	121
5.9	Требования к электромагнитному излучению	122
5.10	Охрана окружающей среды	122
5.11	Выводы по разделу	123
	Заключение	124
	Список использованных источников	126
	Приложение А. Текст программы	132
	Приложение Б. Презентация на отдельных листах	
	Титульный лист	
	Актуальность работы	
	Цель и задачи	
	Применение разрабатываемого решения	
	Анализ существующих решений	
	Сетевая инфраструктура для функционирования программного комплекса	
	Структура программного комплекса	
	Клиентского приложения	
	Разработка клиентского приложения	
	Обобщенный алгоритм функционирования клиентского приложения	
	Разработка клиентского приложения	
	Графический интерфейс пользователя	
	Экспериментальные исследования	
	Экспериментальные исследования	
	Экспериментальные исследования	
	Экономическая эффективность	
	Результаты работы	
	Публикации по результатам работы	

Диск CD-R в конверте на обороте обложки

643.ФЮРА.00021-01 81 01 Пояснительная записка ВКР. Файл
Шумаев_ВКР.docx

Презентация к ВКР. Файл Шумаев_ВКР_презентация.pptx

643.ФЮРА.00021-01 81 01 Текст программы. Файл sod.docx

ВВЕДЕНИЕ

С учетом возникновения новых вычислительно емких задач и необходимостью обработки возрастающих объемов информации, актуальной задачей является разработка и развитие технологий для проведения ресурсоемких вычислений в рамках различных научных и прикладных проектов.

В настоящее время одним из наиболее перспективных и востребованных направлений в области вычислительной химии и смежных наук является разработка материалов с заранее заданными функциональными свойствами, включая как создание принципиально новых материалов, так и расширение функциональных возможностей технологически уже освоенных. В связи с этим особую важность приобретают методы компьютерного моделирования. Процесс расчета свойств и моделирования материалов требует значительных вычислительных ресурсов, которые может позволить себе далеко не каждая научная организация или предприятие. Сегодня наиболее перспективным направлением в области ресурсоемких вычислений является распределенная обработка данных. Распределенные вычислительные среды позволяют сосредотачивать в себе огромную производительность, сопоставимую с таковой у суперкомпьютеров, и при этом формируются на основе обычных разнородных компьютеров.

Целью данной работы является повышение быстродействия вычислений в программном пакете моделирования материалов. Для решения этой задачи разрабатывается программный комплекс распределенной обработки данных.

					643.ФЮРА.00021-01 81 01					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.	Шумяев				Введение			Лит	Лист	Листов
Провер.	Обходский									
Консульт										
Н. Контр.	Ефремов							ТПУ ФТИ		
Утверд.	Горюнов							Группа 0712		

Актуальность решаемых в рамках дипломной работы задач обусловлена необходимостью разработки нового решения для применения его в программном пакете моделирования материалов, разрабатываемого на кафедре ЭАФУ ТПУ. Работа выполнена в рамках проекта прикладных научных исследований и экспериментальных разработок на кафедре ЭАФУ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

В программном пакете в результате проводимых экспериментов по моделированию материалов формируется большое количество ресурсоемких вычислительных задач, расчет которых крайне затруднительно выполнять на одной ЭВМ. Применение разрабатываемого ПК позволит произвести расчет этих задач на доступных вычислительных узлах, что значительно сократит время на обработку экспериментальных данных и получение результатов.

Применение своего собственного решения при разработке ПК позволит обеспечить выполнение всех предъявляемых к программному комплексу требований, а также обеспечит реализацию задуманного функционала.

1 Аналитический обзор информационных источников

1.1 Актуальность работы

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлена информация об актуальности выполняемой работы, рассматриваются необходимые сведения в области организации ресурсоемких вычислений, приводится анализ существующих решений, а также представляется свое собственное решение.

Представленный в ВКР программный комплекс распределенной обработки данных (ПК) выполнен в рамках проекта по созданию программного пакета моделирования материалов, который реализуется на кафедре ЭАФУ ТПУ. ПК обеспечивает выполнение расчета задач, полученных в ходе проведения экспериментов в программном пакете моделирования, на доступных вычислительных узлах.

В настоящее время высокопроизводительные вычисления играют все большую роль при проведении научных исследований, разработке новых видов промышленной продукции и в социальной сфере. Они высоко востребованы как инструмент для решения задач квантовой химии, квантовой механики, гидродинамики и прочих отраслей наук, требующих проведение большого количества ресурсоемких вычислительных экспериментов и обработки больших объемов данных. С учетом возникновения новых вычислительноемких задач и необходимостью обработки возрастающих объемов информации, актуальной задачей является разработка и развитие технологий для проведения ресурсоемких вычислений в рамках различных научных и прикладных проектов [1].

					643.ФЮРА.00021-01 81 01		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Шумаев				Аналитический обзор	Лит	Лист
Провер.	Обходский						Листов
Консульт							
Н. Контр.	Ефремов					ТГУ	ФТИ
Утверд.	Горюнов					Группа	0712

Сейчас одним из наиболее перспективных и востребованных направлений в области вычислительной химии и смежных наук является разработка материалов с заранее заданными функциональными свойствами, включая как создание принципиально новых материалов, так и расширение функциональных возможностей технологически уже освоенных. С физико-химической точки зрения такие материалы и структуры относятся к области молекулярно- и нано- структурированных систем. В связи с этим особую важность приобретают методы компьютерного моделирования молекулярных и наносистем, которые должны быть достаточно быстрыми и точными для более точного прогноза свойств и структуры создаваемых или проектируемых материалов. Выполнение подобных задач требует огромных вычислительных ресурсов и применение персональных компьютеров для этого либо крайне неэффективно, либо вообще невозможно [2, 3].

В качестве альтернативы прямым экспериментам в молекулярных и нанотехнологиях все большее применение находят методы компьютерного моделирования разных уровней строения вещества, которые основаны на использовании высокопроизводительных вычислительных систем: суперкомпьютеров и распределенных вычислительных сетей [4].

Ранее часто применялся подход к решению проблемы выполнения ресурсоемких вычислительных задач – использование суперкомпьютеров либо специализированных кластеров. Суперкомпьютеры позволяют сконцентрировать в одном месте огромные вычислительные ресурсы, производительность которых достигает порядка нескольких петафлопс. Применение суперкомпьютеров для решения различных научных задач актуально и на сегодняшний день, но, несмотря на значительную производительность, суперкомпьютеры имеют ряд недостатков и ограничений. Основным недостатком подобных вычислительных ресурсов является их цена, причем мало просто собрать суперкомпьютер, его также нужно постоянно обслуживать, на что уходят значительные денежные средства. Естественно, что

далеко не каждая научная организация и предприятие может позволить содержать свой собственный суперкомпьютер, а выполнять ресурсоемкие задачи необходимо.

Альтернативным решением являются кластеры. Развитие информационных технологий и программного обеспечения в области распределенных и параллельных вычислений позволяет синтезировать на основе кластерной архитектуры вычислительные ресурсы, обладающие значительной производительностью. Вычислительный кластер можно собрать в любой лаборатории, отталкиваясь от реальных потребностей в вычислительной мощности и доступного бюджета. Данное решение не требует больших денежных затрат в отличие от суперкомпьютеров. Кластер представляет собой совокупность компьютеров, объединенных локальной сетью и предназначенных для решения ресурсоемких вычислительных задач, и относится к классу многопроцессорных вычислительных систем. Компьютеры, входящие в состав такого рода кластера, называются его вычислительными узлами. Один из вычислительных узлов назначается главным (управляющим) узлом кластера. Локальная сеть, используемая в вычислительном кластере, представляет собой коммуникационную среду для взаимодействия вычислительных узлов кластера между собой. Для класса задач, где не предполагается тесного взаимодействия между параллельными процессами, кластерное решение даже на основе обычных персональных компьютеров и сети Fast Ethernet будет достаточно эффективным [5, 6].

С развитием всемирной сети стало развиваться и набирать популярность новое направление – распределенные вычислительные системы. В последнее время кластер из обыкновенных компьютеров, соединенных с помощью локальной вычислительной сети, также все чаще рассматривается как небольшая распределенная система. Подобные кластеры становятся все популярнее из-за относительно низкой стоимости входящих в него компонентов с одной стороны и неплохой производительностью с другой.

Для выполнения вычислений могут использоваться не только специализированные многопроцессорные вычислительные комплексы, представленные ранее, но и любая совокупность вычислительных ресурсов, объединенных сетью. При этом ресурсы могут располагаться в разных географических точках, иметь различную ведомственную принадлежность и архитектуру [7, 8]. В настоящее время системы высокопроизводительных распределенных вычислений, создаваемые на основе объединения множества подключенных к интернету компьютеров, рассматриваются как наиболее перспективные. Повышение надежности, увеличение пропускной способности интернет-среды и быстрое развитие информационных технологий и сетевых средств привело к увеличению вычислительной мощности, сосредоточенной в компьютерных сетях. Возникла идея создавать распределенные вычислительные среды (PBC) на базе общедоступных компьютеров для решения сложных задач [9].

Использование вычислительных мощностей компьютерных сетей для создания PBC требует решения ряда сложных задач, связанных с управлением заданиями, безопасностью, надежностью и другим. Кроме того, гетерогенность и непредсказуемое поведение вычислительной среды во время решения задач приводят к проблеме рационального использования вычислительной мощности, сосредоточенной в сети. Идея использования незадействованной вычислительной мощности, дешевой и неограниченной в объеме памяти представляется весьма привлекательной [10, 11, 12]. Сейчас в мире насчитывается множество компьютеров, в том числе рабочие станции, пользовательские ЭВМ, мощные серверы и кластеры, суперкомпьютерные системы. Многие из них объединены в сети. Благодаря различным службам, таким как e-mail, ftp, www, в интернете возможно обмениваться информацией между компьютерами. С развитием сети интернет появилась концепция использования вычислительных ресурсов географически распределенных вычислительных систем, в том числе обычных персональных компьютеров, для

решения сложных задач. Такая концепция получила название метакомпьютинг или GRID [9, 13].

GRID является одной из наиболее популярных на сегодняшний день форм организации вычислительных ресурсов для проведения расчетов различной сложности. GRID представляет собой один из видов распределенной вычислительной сети. GRID-вычисления – это форма организации распределенных вычислений, в которой участвуют территориально распределённые разнородные компьютеры, объединенные с помощью сети передачи данных и работающих совместно для решения задач, требующих значительных вычислительных ресурсов [14]. Наиболее эффективно использовать GRID при выполнении следующих задач:

- 1) анализ и обработка независимых наборов данных;
- 2) решение задач, обладающих хорошей степенью параллелизации по данным.

Существует большое количество систем промежуточного программного обеспечения (СППО), предназначенных для организации, сопровождения и управления GRID [15, 16]. По назначению СППО можно условно разделить на две группы. Первая группа содержит системы, предназначенные для объединения относительно небольшого числа высокопроизводительных вычислителей (кластеров). К таким системам относятся, например, Condor, Globus Toolkit, Unicore и другие [17, 18]. Вследствие своей многофункциональности программное обеспечение для GRID-сред достаточно трудно в установке, настройке и использовании. Его применение не очень оправдано в тех случаях, когда необходимо достаточно оперативно развернуть распределенную среду и провести расчеты на доступных ресурсах [19]. Вторая группа СППО содержит системы, цель которых заключается в объединении в GRID большого числа (до сотен тысяч) вычислителей, каждый из которых обладает относительно невысокой производительностью. Такие GRID-сети известны как desktop- GRID. Их специфика заключается, в частности в высокой вероятности недоступности отдельных вычислительных узлов. Наиболее

популярными СППО этой группы являются платформы BOINC и X-Com [20]. Следует заметить, что формы ведения вычислительных работ в GRID, обусловленные сложным системным программным обеспечением (используемым для организации) во многом ориентированы на специалистов с достаточно высоким уровнем квалификации в системном программировании. Это обстоятельство сдерживает широкое распространение технологий GRID во многих приложениях, важных для специалистов в своих прикладных областях, и актуализирует вопросы создания универсальных и более простых средств доступа к ресурсам GRID [21].

При организации распределенных вычислений необходимо применять методы динамической балансировки нагрузки, предусматривать возможность изменения состава распределенной среды в процессе вычислений и уметь синтезировать это пространство. Кроме этого, алгоритмы, предназначенные для использования в среде распределенных вычислений, должны допускать декомпозицию на совокупность несвязанных друг с другом заданий, между которыми не происходит обмен данными [8].

1.2 Обзор существующих решений в области создания ПО для организации распределенных вычислений

Сегодня наблюдается быстро растущий интерес к технологиям GRID как со стороны научных исследователей, так и со стороны коммерческих предприятий. Как следствие, сейчас предлагается множество систем для организации распределенных вычислений, которые реализуют определенные концепции GRID. По результатам проведенного анализа рынка и существующих разработок в области распределенных вычислений не обнаружено прямого конкурента для представленного в данной работе решения.

Тем не менее, существуют решения, позволяющие на своей основе разработать приложения, которые по своему функционалу будут очень близки к

разрабатываемому в рамках данной ВКР программному комплексу, но при этом добиться схожей специфики данные решения все равно не позволят.

Наиболее известными и схожими по выполняемым задачам являются решения BOINC и X-Com. Характерной особенностью перечисленных систем является возможность быстрой и простой организации вычислений в имеющейся компьютерной сети, а основная их задача – повышение эффективности использования доступных ресурсов.

BOINC (Berkley Open Infrastructure for Network Computing) является активно развивающейся СППО с открытым исходным кодом, представляет собою платформу для организации распределенных вычислений, разработанную в университете Беркли. Программная платформа BOINC отличается простотой в установке, настройке и администрировании, а также обладает хорошими возможностями по масштабируемости, простоте подключения новых вычислительных узлов, использованию дополнительного ПО, интеграции с другими GRID-системами [20]. На сегодняшний день BOINC является универсальной платформой для организации различных проектов в области математики, молекулярной биологии, астрофизики, медицины и климатологии. Данная платформа дает исследователям возможность задействовать огромные вычислительные мощности персональных компьютеров со всего мира [22].

Платформа BOINC имеет клиент-серверную архитектуру и, соответственно, состоит из клиентской и серверной частей. Все манипуляции с рабочими заданиями осуществляются только через выделенный сервер. При этом клиентская часть может работать на произвольном количестве компьютеров с различными аппаратными и программными характеристиками. В свою очередь, для развертывания сервера необходим вычислительный узел под управлением операционной системы Linux.

Рабочий процесс в GRID-системе, основанной на платформе BOINC, организован следующим образом. Вычислительные узлы, имеющие свободные ресурсы, обращаются к серверу для получения новых рабочих заданий в рамках

проекта. Сервер BOINC рассылает клиентским приложениям экземпляры рабочих заданий, клиенты выполняют вычисления и отсылают обратно результаты. После получения результатов сервер проверяет и обрабатывает их, например, занося в базу данных или автоматически создавая на их основе новые рабочие задания [1].

BOINC-клиент не имеет такого пользовательского интерфейса, а представляет собой сервис, который запускается при старте системы и управляется по протоколу TCP/IP. Однако, для конечного пользователя это не имеет значения, поскольку дистрибутив программы комплектуется программой-менеджером, которая сразу по умолчанию устанавливается вместе с BOINC-клиентом как единое целое. В этом случае в качестве адреса управляемого программой менеджера BOINC-клиента указывается адрес «localhost». Таким образом, с одной стороны, ничто не мешает пользователю использовать альтернативную программу-менеджер для управления BOINC-клиентом, а с другой стороны даёт возможность управлять несколькими BOINC-клиентами, находящимися на разных компьютерах из одной программы-менеджера [23].

Другим известным, особенно в России, решением по организации распределенных вычислений служит платформа X-Com. X-Com является отечественной разработкой, созданной в Научно-исследовательском вычислительном центре Московского государственного университета. X-Com представляет собой систему для организации распределенных неоднородных вычислительных сред и проведения расчетов в таких средах. В архитектуре системы X-Com был сделан особый акцент на возможностях масштабируемости и поддержки распределенных сред с суперкомпьютерным уровнем производительности. В архитектуре выделяются три уровня – пользовательский уровень, серверный уровень и уровень вычислительных узлов. На пользовательском уровне находятся процессы пользовательских клиентов и веб-браузеров. Пользовательский клиент – компонент системы, обеспечивающий интерфейс между пользователями и распределенной

системой. С его помощью пользователь может поставить задачу в очередь на выполнение и отслеживать ее состояние. На серверном уровне находятся процессы сервера задачи, управляющего сервера и менеджера клиентов. Управляющий сервер представляет собою компонент, обеспечивающий управление прохождением заданий в распределенной среде, в частности реализующий логику очередей заданий или же логику одновременного выполнения задач [24]. На каждое запускаемое задание управляющий сервер порождает свой сервер задачи. Сервер задачи отвечает за разбиение конкретной прикладной задачи на независимые вычислительные порции, распределение их на вычислительные узлы и объединение получаемых результатов [25].

На уровне вычислительных узлов функционирует клиент X-Com. Клиенты X-Com отвечают за загрузку клиентской части прикладной задачи и необходимых для работы файлов на узлы, производящие вычисления, формирование рабочего окружения, получение порций данных, запуск задачи и передачу полученных результатов серверу X-Com. В основе архитектуры X-Com также лежит клиент-серверная схема. Сервер X-Com имеет два основных режима работы: синхронный и асинхронный. Синхронный режим означает, что на все время вычислений узел имеет доступ к серверу и статистика о решении задачи передается в режиме текущего времени. Асинхронный режим означает периодический контакт с вычислительным узлом, и частным случаем данного режима является выдача задания клиенту и ожидание от него соединения с информацией об окончании расчета [6].

Рассматриваемые решения являются готовыми платформами для построения распределенных вычислительных сетей на основе разнородных гетерогенных вычислительных ресурсах (пользовательские ЭВМ, кластеры, суперкомпьютеры). Оба приведенных ранее решения хорошо зарекомендовали себя при построении распределенных систем и проведении расчетов. BOINC и X-Com позволяют формировать и поддерживать среды с десятками тысяч вычислительных узлов.

1.4 Выводы по разделу

При выполнении ВКР, были рассмотрены применяемые на данный момент решения в области аппаратных средств для обеспечения выполнения ресурсоемких вычислений. На сегодняшний день наиболее перспективными признаны распределенные вычислительные сети на основе разнородных вычислительных ресурсов (обычные персональные компьютеры, кластеры, суперкомпьютеры). Особое внимание уделяется использованию именно обычных пользовательских ЭВМ, которые большую часть времени не задействованы пользователем и могут использоваться для расчета различных вычислительных задач. Вычислительная мощность сетей из таких обычных компьютеров может достигать показателей, сопоставимых с таковыми у суперкомпьютеров. При этом такая распределенная сеть не требует значительных денежных затрат. Затем были проанализированы наиболее перспективные из уже существующих решения в области организации систем распределенных вычислений. По ряду причин данные решения не могут быть интегрированы в состав разрабатываемого программного комплекса. В связи с этим, было разработано свое собственное решение, позволяющее соответствовать всем предъявляемым к программному комплексу требованиям. О структуре и программных средствах, используемых при разработке программного комплекса распределенной обработке данных, будет сказано в следующем разделе данной работы.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурирующих разработок, которые представлены на рынке, необходимо проводить, так как рынки находятся в постоянном движении. Такой анализ важен, так как проводится оценка сравнительной эффективности научной разработки, и определяются направления для ее будущего повышения.

					643.ФЮРА.00021 - 01 81 01		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Шумаев				Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит	Лист
Провер.	Обходский						Листов
Консульт	Меньшикова						29
Н. Контр.	Ефремов					ТГУ	ФТИ
Утверд.	Горюнов					Группа	0712

Объектами анализа стали программно-аппаратные платформы для построения распределенных систем обработки данных. В рамках ВКР была проведена оценка сильных и слабых сторон разработок конкурентов, в ходе анализа были рассмотрены конкурентные решения в области систем распределенной обработки данных крупных исследовательских институтов BOINC (K1) и X-Com (K2). Для рассмотрения, в соответствии с методическими указаниями [36], был подобран ряд критериев для оценки выполняемого в ВКР проекта с точек зрения его ресурсоэффективности и экономической эффективности. Результаты сравнения представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крит-я	Баллы			Конкурент. сп-ть		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1) Кроссплатформенность	0,11	4	4	4	0,44	0,44	0,44
2) Гетерогенность	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
3) Масштабируемость	0,14	4	5	5	0,56	0,7	0,7
4) Возможность формирования локальной вычислительной сети	0,12	5	2	2	0,6	0,24	0,24
5) Безопасность личных данных	0,09	3	4	3	0,27	0,36	0,27
6) Надежность	0,07	4	3	3	0,28	0,21	0,21
7) Потребность в вычислительных ресурсах	0,06	4	2	2	0,24	0,12	0,12
8) Функциональные возможности	0,08	3	4	4	0,24	0,32	0,32
9) Удобство и простота эксплуатации	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28

Продолжение таблицы 4.1

Экономические критерии оценки эффективности							
1) Конкурентоспособность продукта	0,11	4	4	5	0,44	0,44	0,44
2) Послепродажная поддержка	0,03	2	2	2	0,06	0,06	0,06
Итого	1	42	37	38	3,96	3,58	3,56

Как видно из таблицы наиболее значимыми критериями являются гетерогенность, масштабируемость и кроссплатформенность. Высокие оценки по перечисленным выше показателям просто необходимы для создания конкурентоспособного продукта в области распределенных вычислений и обработки данных.

Уникальность разработки заключается в том, что разработанное решение предоставляет полный функционал для распределенной обработки данных. Решение ориентируется на пользователей, которые не очень хорошо разбираются в технических особенностях системы распределенных вычислений и программировании. Дальнейшее развитие разработки позволит применять решение в других областях научных исследований.

По результатам проведенного сравнения можно утверждать, что разработанное решение является конкурентоспособным по отношению к имеющимся аналогам на рынке.

4.3 SWOT-анализ

Для объективного оценивания конкурентоспособности и перспектив развития разработки необходимо проанализировать сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, которые могут повлиять на разработку. SWOT-анализ позволит сформировать направление, в котором необходимо работать, чтобы повысить конкурентоспособность научной разработки. Для составления итоговой матрицы SWOT-анализа необходимо определить сильные и слабые

стороны проекта, угрозы и возможности проекта, а также взаимную корреляцию между ними.

Таблица 4.2 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны разработки:</p> <p>С1. Актуальность работы.</p> <p>С2. Открытость разработки.</p> <p>С3. Отсутствие прямых конкурентов.</p> <p>С4. Не требуется опыта работы с распределенными вычислениями.</p> <p>С5. Уникальное техническое решение.</p> <p>С6. Более низкая стоимость реализации по сравнению с аналогами.</p>	<p>Слабые стороны разработки:</p> <p>Сл1. Большой срок разработки.</p> <p>Сл2. Сложный процесс апробации экспериментального образца.</p> <p>Сл3. Отсутствие опыта разработки и поддержания проектов подобного рода у разработчиков.</p> <p>Сл4. Зависимость от стороннего ПО, разработчики которого не являются партнерами.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование современной вычислительной техники.</p> <p>В2. Использование лицензионного ПО.</p> <p>В3. Импортозамещение.</p> <p>В4. Политика государства направленная на развитие научно-технического прогресса.</p> <p>В5. Появление спроса на новый продукт (наличие свободных ниш на рынке).</p> <p>В6. Высокая потребность в подобных разработках.</p>	<p>Проект может получить серьезное развитие, итогами которого станут обширное внедрение разработки в наукоемких производствах, расширение функционала, технических возможностей.</p>	<p>Проект может использовать разработки других ведущих вузов, для компенсации зависимости от стороннего ПО. Использование спонсорской поддержки на компенсацию расходов, связанную с разработкой и поддержанием проекта.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых конкурентных импортных разработок.</p> <p>У2. Увеличение срока выхода на рынок.</p> <p>У3. Стремительное развитие технологий в области разработки.</p> <p>У4. Устаревание программно-технических решений заложенных в основу разработки.</p>	<p>Проект претерпит изменения в технической и программной части, чтобы оставаться конкурентоспособным или будет заморожен до лучших времен. Возможно слияние с другим проектом или продажа текущих разработок конкурентам.</p>	<p>В таком случае потребуются усовершенствование функциональности, а также изменение технологий, лежащих в основе решения.</p>

По итогам SWOT-анализа можно судить, что, несмотря на наличие слабостей и угроз для проекта, существуют стратегии, которые позволяют сохранить коммерческую ценность. Так же установлено, что выявленные сильные стороны проекта и возможности позволяют разработать стратегии, при которых возможно увеличение коммерческой ценности проекта.

4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла проекта полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	3	2
Определены перспективные направления коммерциализации задела	4	2
Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	3	2
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	2

Продолжение таблицы 4.3

Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	1
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	2
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	1
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	2
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
Проработаны вопросы финансирования научной разработки	1	1
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
ИТОГО БАЛЛОВ	34	22

Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что проект имеет среднюю степень готовности. По вопросам маркетинговых исследований, финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта специалистов из данных областей.

В качестве метода коммерциализации будет использоваться инжиниринг – то есть, на основе договора с консультантом предоставляется комплекс инженерно-технических услуг заказчику, которые связаны с проектированием, разработкой и вводом в эксплуатацию, например, программного обеспечения.

4.5 Инициация проекта

Инициация проекта состоит из процессов, которые выполняются для нового проекта или новой стадии проекта. Для этого определяются начальные цели, содержание, фиксируются ресурсы. Также определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта.

Заинтересованные стороны проекта отображены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Создание и коммерческая реализация перспективной научной разработки; написание научных статей, с целью публикации в известных научных журналах для поднятия рейтинга ВУЗа.

Продолжение таблицы 4.4

Министерство образования и науки РФ	Развитие и поддержание научной деятельности в области ресурсоемких вычислений. Создание и коммерческая реализация перспективной научной разработки, написание научных статей.
-------------------------------------	---

В таблице 4.5 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 4.5 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработка решения по организации распределенной обработки данных результатов эксперимента в программном комплексе моделирования материалов.
Ожидаемые результаты проекта	Разработанное решение должно соответствовать предъявляемым требованиям в области распределенных вычислений. Конкурентоспособное программное обеспечение для распределенной обработки данных.
Критерии приемки результата проекта	Работоспособность программного обеспечения, соответствие требованиям, предъявляемым к ПК (программным, аппаратным, функциональным), востребованность продукта на рынке.
Требования к результату проекта	Разработанный ПК должен удовлетворять всем предъявляемым требованиям (кроссплатформенность, гетерогенность, масштабируемость, безопасность). Данные соответствия определяются по результатам проведения экспериментальных исследований ПК.

Рабочая группа проекта отображена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, ч.
Обходский А.В., кафедра ЭАФУ ТПУ, доцент	Руководитель проекта	Координация деятельности участников проекта. Руководит процессом выполнения проекта.	96
Шумаев Д.М., кафедра ЭАФУ ТПУ, студент	Исполнитель по проекту	Выполнение работ по теоретической проработке проекта. Практическая реализация проекта.	492

Ограничения и допущения проекта приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта, р.	110211
Сроки проекта	
Дата утверждения плана управления проектом	03.10.2016
Дата завершения проекта	25.01.2017

4.6 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта. Календарный план в виде диаграммы Ганта представлен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения проекта

Вид работы	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, недели													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Составление ТЗ	Дипломник, н.р.	1, 3														
Технико-экономическое обоснование	Дипломник, н.р.	3, 1														
Изучение литературы	Дипломник, н.р.	6, 1														
Анализ существующих решений	Дипломник, н.р.	6, 1														
Разработка структуры ПК	Дипломник, н.р.	6, 2														
Разработка алгоритмов ПК	Дипломник, н.р.	18, 3														
Установка и настройка вспомогательного ПО	Дипломник	6														
Разработка КП	Дипломник, н.р.	24, 2														
Проведение экспериментов	Дипломник, н.р.	6, 2														
Оформление результатов	Дипломник, н.р.	6, 1														



– Руководитель



– Дипломник

4.7 Бюджет научного исследования

4.7.1 Основная заработная плата

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В данной научной разработке планируемыми расходами являются основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления на социальные нужды, а также расходы на электроэнергию при работе с компьютером.

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов определяется из трудоемкости выполняемых работ. Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.9.

Основная заработная плата работника рассчитывается по следующей формуле (4.1):

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.1)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата работника, р.;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, р.;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (4.2):

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.2)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, р.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (4.3):

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.3)$$

где Z_b – базовый оклад, р.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент (1,3 для Томска).

Данные для расчета основной заработной платы представлены в таблице 4.10.

Базовый оклад руководителя составляет 26300 р.

Базовый оклад дипломника составляет 7900 р.

Месячный должностной оклад руководителя (формула (4.4)):

$$Z_m^{Рук} = 26300 \cdot (0,8 + 0,7) \cdot 1,3 = 51285. \quad (4.4)$$

Среднедневная заработная плата руководителя (формула (4.5)):

$$Z_{дн}^{Рук} = \frac{51285 \cdot 10,4}{299} = 1783,83. \quad (4.5)$$

Месячный должностной оклад дипломника рассчитывается по формуле (4.6):

$$Z_m^{Дип} = 7900 \cdot (0,8 + 0,7) \cdot 1,3 = 15405. \quad (4.6)$$

Среднедневная заработная плата дипломника (формула (4.7)):

$$З_{\text{дн}}^{\text{Дип}} = \frac{15405 \cdot 10,4}{299} = 535,83. \quad (4.7)$$

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

Этап	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-дн.	З/п на один чел.-дн., р.	Всего з/п, р.
Составление ТЗ	Руководитель	3	1783,83	5351,48
Согласование ТЗ	Дипломник	1	535,83	535,83
Технико- экономическое обоснование	Дипломник	3	535,83	1607,48
	Руководитель	1	1783,83	1783,83
Изучение литературы	Дипломник	6	535,83	3214,96
	Руководитель	1	1783,83	1783,83
Анализ существующих решений	Дипломник	6	535,83	3214,96
	Руководитель	1	1783,83	1783,83
Разработка структуры ПК	Дипломник	6	535,83	3214,96
	Руководитель	2	1783,83	3567,65
Разработка алгоритмов ПК	Дипломник	18	535,83	9644,87
	Руководитель	3	1783,83	5351,48
Установка и настройка ПО (вспомогательного)	Дипломник	6	535,83	3214,96
Разработка КП	Дипломник	24	535,83	12859,83
	Руководитель	2	1783,83	3567,65
Проведение экспериментов	Дипломник	6	535,83	3214,96
	Руководитель	2	1783,83	3567,65

Продолжение таблицы 4.9

Оформление результатов	Дипломник	6	535,83	3214,96
	Руководитель	1	1783,83	1783,83
Итого				72478,96

Таблица 4.10 – Данные по расчету основной заработной платы

Исполнитель	З _б , руб	k _{пр}	k _д	k _р	З _м	З _{дн}	T _{раб}	З _{осн}
Руководитель	26300	0,8	0,7	1,3	51285	1783,83	16	28541,22
Дипломник	7900	0,8	0,7	1,3	15405	535,83	82	43937,74

4.7.2 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы (формула 4.8):

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4.8)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, р.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$З_{\text{осн}}$ – премиальный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководителя (формула (4.9)):

$$З_{\text{доп}}^{\text{Рук}} = 0,15 \cdot 28541,22 = 4281,18. \quad (4.9)$$

Дополнительная заработная плата дипломника (формула (4.10)):

$$З_{\text{доп}}^{\text{Дип}} = 0,15 \cdot 43937,74 = 6590,66. \quad (4.10)$$

Заработная плата исполнителей проекта представлена в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Дипломник
Основная зарплата, р.	28541,22	43937,74
Дополнительная зарплата, р.	4281,18	6590,66
Зарплата исполнителя, р.	32822,4	50528,4

4.7.3 Расчет потребляемой электроэнергии

Основным потребляемым сырьем в данной научной разработке является потребление электроэнергии компьютером. Для расчета стоимости потребляемой электроэнергии необходимо знать потребляемую мощность компьютером, время работы и текущий тариф на электроэнергию (формула (4.11)).

$$C_{\text{ээ}} = 6 \cdot Д \cdot Т \cdot М, \quad (4.11)$$

где 6 – 6-часовой рабочий день;

Д – продолжительность работ;

Т – тариф на электроэнергию;

М – мощность, потребляемая ноутбуком.

По техническим характеристикам, ноутбук потребляет 0,065 кВт электроэнергии. Стоимость одного киловатт-часа электроэнергии составляет 5,8 рублей. Значит, за 6-часовой рабочий день затраты на работу одного ноутбука составят: $6 \cdot 1 \cdot 5,8 \cdot 0,065 = 2,26$ р.

С учетом того, что руководитель работал 16 дней, а дипломник 82 и при этом они использовали одинаковые ноутбуки, за всё время выполнения проекта стоимость электроэнергии составит: $2,26 \cdot (82 + 16) = 221,68$ р.

4.7.4 Затраты на спецоборудование

В статью «затраты на специальное оборудование для научных работ» включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. В эту статью следует отнести два персональных компьютера, которые использовались непосредственно как средства разработки. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений.

Для расчета амортизационных отчислений был выбран срок полезного использования n равный 5 лет. Тогда норма амортизации a равна:

$$a = \frac{100}{n} = \frac{100}{5} = 20. \quad (4.12)$$

Зная норму амортизации можно найти годовую сумму амортизации для оборудования A в рублях:

$$A = \frac{30000 \cdot 20}{100} = 6000. \quad (4.13)$$

В целях данного проекта один из ноутбуков использовался 82 дня, а другой 16 дней, исходя из этого, определим общую сумму амортизационных начислений:

$$S = (6000 / 12 / 30) \cdot (82 + 16) = 1633,33. \quad (4.14)$$

Общая стоимость оборудования будет состоять из суммы амортизационных начислений для двух одинаковых ноутбуков. Расчеты по данной статье приведены в таблице 4.12. Так как руководитель выполняет свою часть работы на аналогичном оборудовании, приобретение которого не требовалось, то общая стоимость будет включать двойную норму амортизации (за два одинаковых ноутбука).

Таблица 4.12 – Затраты на специальное оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования, шт.	Цена единицы оборудования, р.	Общая стоимость оборудования, р.
Ноутбук Lenovo B50-70	2	30000	1633,33

4.8 Группировка затрат по статьям

Группировка затрат по статьям отображена в таблице 4.13.

Весь бюджет исследования составил 110210,83 р.

Таблица 4.13 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Основная з/п, р.	Доп. з/п, р.	Отчисления на соц. нужды, р.	Затраты на спецоборудование, р.	Расходы на электроэнергию, р.	Итого себестоимость, р
1	5351,48	802,72	1846,26	1633,33	6,79	8007,25
	535,83	80,37	184,86		2,26	803,32
2	1783,83	267,57	615,42		2,26	2669,08
	1607,48	241,12	554,58		6,79	2409,97
3	1783,83	267,57	615,42		2,26	2669,08
	3214,96	482,12	1109,16		13,57	4819,81
4	1783,83	267,75	615,42		2,26	2669,26
	3214,96	482,12	1109,16		13,57	4819,81
5	3567,65	535,15	1230,84		4,52	5338,16
	3214,96	482,12	1109,16		13,57	4819,81
6	5351,48	802,72	1846,26		6,79	8007,25
	9644,87	1446,73	3327,48		40,72	14459,8
7	3214,96	482,24	1109,16		13,57	4819,93
8	3567,65	535,15	1230,84		4,52	5338,16
	12859,81	1928,97	4436,64		54,29	19279,71
9	3567,65	535,15	1230,84		4,52	5338,16
	3214,96	482,24	1109,16		13,57	4819,93
10	1783,83	267,57	615,42		2,26	2669,08
	3214,96	482,24	1109,16		13,57	4819,93
					Итого	110210,83

4.9 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 4.14 – Реестр рисков

Риск	Потенц. воздействие	Ур. риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Отсутствие заинтересованных потребителей на момент завершения проекта	Финансовые проблемы из-за отсутствия спроса	Средний	Активный поиск заинтересованных потребителей	Изменение цен на рынке, выход принципиально новых технологий
Преждевременное прекращение финансирования	Закрытие разработки	Высокий	Привлечение спонсоров, подтверждение актуальности разработки на научных конференциях	Ухудшение экономической обстановки в стране
Невыполнение проекта в срок	Штрафы, прекращение финансирования	Средний	Интенсивная работа, привлечение дополнительных рабочих сил для проекта, перераспределение обязанностей	Систематическое отставание разработки от установленных сроков

4.10 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности I_{Φ}^P и ресурсоэффективности I_m^P .

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают I_{Φ}^P в ходе оценки бюджета затрат для вариантов

исполнения научного исследования. Для разрабатываемого программного комплекса затраты составляют 110210,83 рублей. В качестве аналога выступает решение на основе существующей платформы X-Com. Стоимость данного решения составляет 850000 рублей. Из этого следует, что затраты на данное решение будут являться наибольшим интегральным показателем реализации технической задачи Φ_{max} .

Интегральный финансовый показатель разработки I_{Φ}^P определяется (формула (4.15)):

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{110210,83}{850000} = 0,13. \quad (4.15)$$

Интегральный финансовый показатель аналога I_{Φ}^A (формула (4.16)):

$$I_{\Phi}^A = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{850000}{850000} = 1. \quad (4.16)$$

Показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения определяется как сумма произведений балла критерия на его оценку. Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитан в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог
1) Кроссплатформенность	0,18	4	4
2) Гетерогенность	0,19	5	3
3) Масштабируемость	0,20	4	4

Продолжение таблицы 4.15

4) Возможность формирования локальной ВС	0,17	5	3
5) Безопасность личных данных	0,13	4	4
6) Функциональные возможности	0,13	4	4
Итого	1	26	22

Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности разработки и аналога приведен в формулах (4.17) и (4.18):

$$I_{\text{финр}}^p = 0,18 \cdot 4 + 0,19 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,17 \cdot 5 + 0,13 \cdot 4 + 0,13 \cdot 4 = 4,36, \quad (4.17)$$

$$I_{\text{финр}}^a = 0,18 \cdot 4 + 0,19 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,17 \cdot 3 + 0,13 \cdot 4 + 0,13 \cdot 4 = 3,64. \quad (4.18)$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{\text{финр}}^p$ определяется по формуле (4.19).

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p} = \frac{4,36}{0,13} = 33,54. \quad (4.19)$$

Интегральный показатель эффективности аналога $I_{\text{финр}}^a$ определяется по формуле (4.20).

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} = \frac{3,64}{1} = 3,64. \quad (4.20)$$

Сравнение интегральных показателей эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ (формула (4.21)).

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{33,54}{3,64} = 9,21. \quad (4.21)$$

Результаты расчетов сравнительной эффективности проекта приведены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность проекта

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель	1	0,13
Интегральный показатель ресурсоэффективности	3,64	4,36
Интегральный показатель эффективности	3,64	33,54
Сравнительная эффективность проекта	9,21	

По результатам проведенного анализа были получены значения интегрального показателя эффективности для нашей разработки и её аналога. По полученным значениям можно утверждать, что эффективность проекта и его разработки высока в сравнении с конкурентным решением.